

EPO -DG 1

29. 09. 2004



EP04/52059

116

REC'D 04 OCT 2004

WIPO

PCT

Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2



**Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:
INVENZIONE INDUSTRIALE N.MI 2003 A 001719 del 08.09.2003**

Si dichiara che l'unità copia è conforme ai documenti originali depositati con la domanda di brevetto sopra specificata, i cui dati risultano dall'accluso processo verbale di deposito.



**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



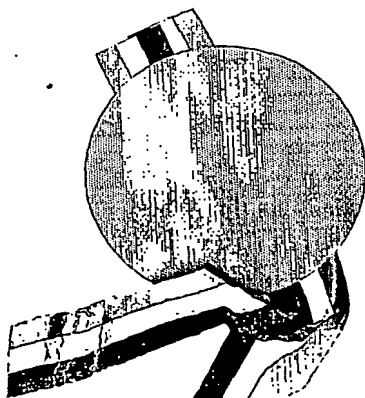
5 460. 2004

Roma, li.....

IL FUNZIONARIO

Giampietro Carlotto

Giampietro Carlotto



AL MINISTERO DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

MODULO A

marca
da
bollo

A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione POLITECNICO DI MILANO N.G.
Residenza MILANO codice 04376620151
2) Denominazione _____
Residenza _____ codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome MITTLER Enrico e altri cod. fiscale _____
denominazione studio di appartenenza MITTLER & C. s.r.l.
via Le Lombardie n. 20 città MILANO cap 20131 (prov) MI

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario vedi sopra
via _____ n. _____ città _____ cap _____ (prov) _____

D. TITOLO classe proposta (sez/cl/scd) _____ gruppo/sottogruppo _____

"Metodo per la determinazione delle riflessioni in una area."

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO:

SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA _____

N° PROTOCOLLO _____

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) TUBARO Stefano 3) FOCO Marco
2) SARTI Augusto 4) _____

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione	tipo di priorità	numero di domanda	data di deposito	allegato S/R
1) _____	_____	_____	____/____/____	<input type="checkbox"/>
2) _____	_____	_____	____/____/____	<input type="checkbox"/>

SCIoglimento RISERVE
Data _____ N° Protocollo _____

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICROORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI



DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) 1 PROV n. pag. 24
Doc. 2) 1 PROV n. tav. 01
Doc. 3) 1 RIS
Doc. 4) 0 RIS
Doc. 5) 0 RIS
Doc. 6) 0 RIS
Doc. 7) 0

riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)

disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)

dichiarazione sostitutiva

designazione inventore

documenti di priorità con traduzione in italiano

autorizzazione o atto di cessione

nominativo completo del richiedente

SCIoglimento RISERVE
Data _____ N° Protocollo _____
confronta singole priorità
____/____/____

8) attestati di versamento, totale Euro 291,80 (duecentonovantuno/80)

COMPILATO IL 08/09/2003

FIRMA DEL(I) RICHIEDENTE(I)

l.p. POLITECNICO DI MILANO

obbligatorio

CONTINUA SI/NO NO

Dr. Ing. MITTLER Enrico

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SI/NO SI

CAMERA DI COMMERCIO IND. ART. E AGR. DI MILANO MILANO

VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA MI2003A 001719 Reg. A.

codice 115

L'anno 2 DUEMILATRE, il giorno OTTO

del mese di SETTEMBRE

il(i) richiedente(i) sopraindicato(i) ha(hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n.

00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraripartito.

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE

IL DEPOSITANTE

timbro
dell'Ufficio

L'UFFICIALE ROGANTE

M. CORTONESI

NUMERO DOMANDA

1120054061719

REG. A

DATA DI DEPOSITO

08/09/2003

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

/ / /

D. TITOLO

"Metodo per la determinazione delle riflessioni in una area."

L. RIASSUNTO

La presente invenzione si riferisce ad un metodo per la determinazione delle riflessioni in ambienti complessi, mediante il tracciamento dei raggi.

Per il tracciamento dei raggi occorre effettuare la determinazione della regione di visibilità tra almeno un primo riflettore ed un secondo riflettore mediante le seguenti fasi: rappresentare detto primo e secondo riflettore in un sistema di coordinate (x, y, z) ; detto metodo è caratterizzato dal fatto di comprendere ulteriormente le fasi di: effettuare una trasformazione affine di detto sistema di coordinate (x, y, z) ; determinare la regione di visibilità di detto secondo riflettore rispetto a detto primo riflettore come l'insieme dei parametri delle rette che congiungono un generico punto di detto primo riflettore con un generico punto di detto secondo riflettore. (Fig. 2).

M. DISEGNO

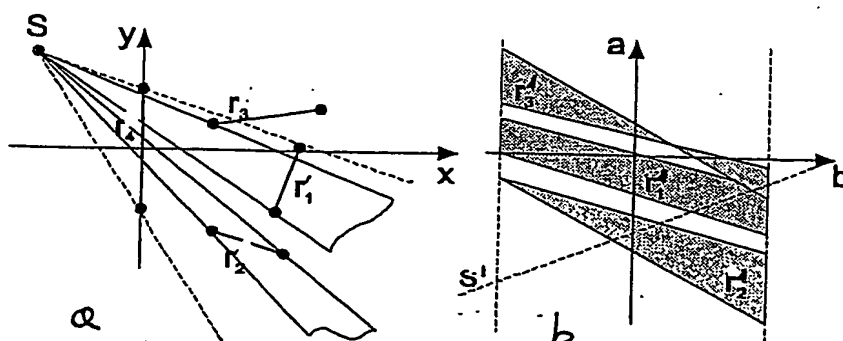


Fig. 2

DESCRIZIONE

dell'invenzione industriale avente per titolo:

"Metodo per la determinazione delle riflessioni in una area."

a nome: POLITECNICO DI MILANO

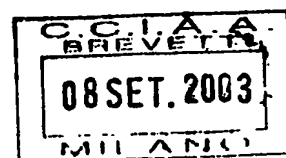
* * * *

La presente invenzione si riferisce ad un metodo per la determinazione delle riflessioni in ambienti complessi, mediante il tracciamento dei raggi.

Il tracciamento rapido di raggi, che seguano leggi di riflessione simili dell'ottica geometrica, è un problema di notevole interesse in numerosi campi d'applicazione. In particolare, le tecniche in grado di effettuare questa operazione trovano immediata applicazione nella simulazione delle riverberazioni acustiche in ambienti complessi, nella restituzione fotorealistica di modelli di scene tridimensionali, o nella predizione della propagazione elettromagnetica di sistemi wireless in presenza di riflessioni multiple.

MI 20034001719

I cammini acustici o elettromagnetici seguono percorsi che soddisfano con ottima approssimazione le leggi dell'ottica geometrica. Secondo tali leggi, un raggio che incida su un riflettore planare con angolo α rispetto alla normale al piano viene da questo riflesso in direzione complanare con il piano formato dal vettore di incidenza ed il vettore normale al riflettore, il quale risulta speculare rispetto a quest'ultimo vettore (angolo d'uscita pari a $-\alpha$). Un raggio può subire molte riflessioni da parte delle pareti presenti nell'ambiente, di volta in volta attenuandosi fino a divenire di trascurabile entità. Data una sorgente e un ricevitore comunque disposti in un ambiente con diversi riflettori, possono esistere molti percorsi (in visibilità diretta o indiretta) che



colleghino tali punti.

Esistono diversi approcci al problema del tracciamento di raggi, come il metodo delle sorgenti immagine, il metodo del tracciamento di raggi (ray tracing), ed il metodo del tracciamento dei fasci (beam tracing).

Il metodo delle sorgenti immagine calcola i percorsi corrispondenti a riflessioni speculari considerando le sorgenti virtuali ottenute attraverso la riflessione speculare della sorgente rispetto a tutti i poligoni che rappresentano i riflettori dell'ambiente. Per ciascuna sorgente virtuale si può costruire un percorso di riflessione speculare attraverso l'intersezione iterativa di un segmento rettilineo che congiunga sorgente con ricevitore attraverso i piani di riflessione esistenti. I percorsi di riflessione speculare possono essere calcolati fino a un ordine arbitrario attraverso la generazione ricorsiva di sorgenti virtuali. Il vantaggio principale del metodo delle immagini è la sua robustezza, in quanto garantisce che vengano determinati tutti i percorsi desiderati fino a un preassegnato ordine di riflessione. Per contro, il costo computazionale del metodo cresce in ragione esponenziale dell'ordine di riflessione e il controllo delle condizioni di visibilità (da effettuarsi per ciascuna delle sorgenti virtuali) risulta di complessità contenuta solo per ambienti non troppo complessi (occorre infatti considerare condizioni di occlusione, riflessione plausibile, ecc.)

I metodi di ray tracing sono basati sul tracciamento diretto del raggio a partire dalla sorgente fino a raggiungere il ricevitore o viceversa. Qualunque sia il punto da cui inizia il tracciamento dei raggi, tali metodi tipicamente richiedono di esplorare un numero finito ma elevato di direzioni d'uscita, per verificare se esista un percorso che rispetti le leggi dell'ottica geometrica e

che raggiunga il punto d'arrivo dopo un certo numero di riflessioni. Questo approccio, però, risulta spesso computazionalmente oneroso poiché per essere certi di non sottocampionare eccessivamente lo spazio delle possibili direzioni da esplorare (e mancare erroneamente il punto d'arrivo), occorre che il numero di tentativi di tracciamento sia molto elevato.

Il beam tracing è in grado di evitare quest'ultimo problema attraverso il tracciamento di fasci compatti di raggi (beam) originati dalla stessa sorgente (reale o virtuale). Questo elimina il rischio di mancare il punto di arrivo nell'operazione di tracciamento.

Quando un fascio incide su un riflettore, tutti i raggi che lo compongono vengono riflessi secondo le leggi dell'ottica geometrica formando un fascio riflesso che risulta coincidere con la versione speculare (rispetto alla superficie del riflettore) del fascio che si avrebbe in assenza del riflettore.

In generale, però, il fascio incide solo in parte sul riflettore, col risultato che solo una porzione di esso viene riflessa mentre la restante parte prosegue indisturbata nel suo percorso originario. In questo caso il fascio si separa in due o più sotto-raggi in corrispondenza del riflettore. Effettuare il tracciamento dei fasci significa dunque costruire l'albero delle riflessioni e delle loro ramificazioni che il fascio subisce nel suo percorso nello spazio. Chiaramente, il raggio subisce una attenuazione naturale che cresce con l'aumentare della lunghezza del percorso seguito. Un'ulteriore attenuazione viene introdotta dalle pareti di riflessione. Ciò consente di interrompere la crescita dell'albero laddove l'attenuazione dei fasci raggiunga una soglia prefissata.

L'albero delle riflessioni viene costruito in modo tale da raccogliere in

modo gerarchico tutte le informazioni necessarie alla ricostruzione dei cammini acustici esistenti tra la sorgente e un punto arbitrario. In particolare, per ogni nodo dell'albero occorre specificare la posizione della sorgente (reale o virtuale) che genera la riflessione a quel nodo, i parametri geometrici che caratterizzano l'estensione del fascio, e le informazioni necessarie per individuare l'eventuale riflettore su cui il fascio inciderà nel proseguimento del suo percorso. Si presume, senza perdita di generalità, che il fascio sia stato preliminarmente suddiviso in sottofasci contigui.

Una volta costruito l'albero delle riflessioni associato a una data posizione della sorgente, è immediato determinare tutti i fasci che investono un determinato punto dello spazio (ricevitore). Risalendo l'albero è poi possibile ricavare i percorsi diretti o riflessi che lo congiungono alla sorgente. Quest'operazione risulta, di fatto, molto rapida in quanto richiede solo una consultazione della struttura dati utilizzata per memorizzare l'albero delle riflessioni (beam tree).

Si osservi però che uno spostamento della sorgente o anche di uno solo dei riflettori comporta il ricalcolo dell'albero, operazione generalmente molto più onerosa della sua semplice consultazione.

In vista dello stato della tecnica descritto, scopo della presente invenzione è quello di velocizzare la costruzione dell'albero delle riflessioni allo spostarsi della sorgente, attraverso la separazione delle fasi di analisi della visibilità e tracciamento dei fasci.

In un suo primo aspetto la presente invenzione si riferisce ad un metodo per la determinazione della regione di visibilità tra almeno un primo riflettore ed un secondo riflettore comprendente le seguenti fasi: rappresentare detto



primo e secondo riflettore in un sistema di coordinate (x, y, z) ; detto metodo è caratterizzato dal fatto di comprendere ulteriormente le fasi di: effettuare una trasformazione affine di detto sistema di coordinate (x, y, z) ; determinare la regione di visibilità di detto secondo riflettore rispetto a detto primo riflettore come l'insieme dei parametri delle rette che congiungono un generico punto di detto primo riflettore con un generico punto di detto secondo riflettore.

Preferibilmente, la trasformazione affine comprende l'effettuazione di una rototraslazione di detto sistema di coordinate (x, y, z) in modo che detto primo riflettore sia posto sul piano $x = 0$.

Preferibilmente, la trasformazione affine comprende l'effettuazione di uno scalamento di detto sistema di coordinate (x, y, z) in modo che detto primo riflettore assuma dimensione prefissata.

Vantaggiosamente, il metodo comprende un terzo riflettore; e le seguenti fasi: determinare la regione di visibilità di detto secondo e terzo riflettore visto da detto primo riflettore; nel caso vi siano regioni di visibilità sovrapposte tracciare una semiretta in detto sistema di coordinate che abbia i parametri compresi nella regione di sovrapposizione partendo da detto primo riflettore; determinare quale è la successione delle intersezioni tra detto secondo e terzo riflettore; assegnare la porzione di regione sovrapposta della regione di visibilità al riflettore avente ordinamento di successione prioritario; dette regioni di visibilità rappresentano un diagramma di visibilità..

In particolare il metodo è caratterizzato dal fatto rappresentare detto primo riflettore e secondo riflettore in un sistema di coordinate (x, y) mediante segmenti; effettuare una trasformazione affine di detto sistema di coordinate (x, y) in grado di portare detto primo riflettore ad assumere

coordinate degli estremi nei punti $(0, m)$ e $(0, n)$ con $m < n$; rappresentare detto secondo riflettore mediante il seguente sistema di equazioni $x = e t + f$, $y = g t + h$, con $0 \leq t \leq 1$; rappresentare una generica retta mediante i parametri a, b dell'equazione $y = a x + b$; determinare la regione di visibilità determinando tutte le rette che passano per un punto generico del primo e del secondo riflettore combinando le equazioni precedenti ed ottenendo il seguente sistema $g t + h = a (e t + f) + b$, con $0 \leq t \leq 1$ e con $m \leq b \leq n$.

In un suo secondo aspetto la presente invenzione si riferisce ad un metodo per la determinazione di un albero delle riflessioni di fasci di raggi su una pluralità di riflettori comprende le fasi di determinare preventivamente l'insieme delle regione di visibilità da ogni riflettore in accordo al metodo descritto precedentemente.

Vantaggiosamente, il metodo per la determinazione di un albero delle riflessioni di fasci di raggi su una pluralità di riflettori comprende le fasi di determinare preventivamente il diagramma di visibilità in accordo al metodo descritto precedentemente; posizionare una sorgente in un sistema di coordinate (x, y) ; determinare in detto sistema di coordinate (x, y) le aree dei riflettori illuminati da detta sorgente; memorizzare le coordinate di dette aree dei riflettori illuminati da detta sorgente; rappresentare una sorgente virtuale per ogni riflettore illuminato; applicare detta trasformazione affine di detto sistema di coordinate (x, y) a detta sorgente virtuale e a detta regione illuminata; detta regione illuminata trasformata è rappresentata mediante un segmento di estremi $(0, b_0)$ e $(0, b_1)$; rappresentare detta sorgente virtuale trasformata nello spazio dei parametri (a, b) mediante l'equazione $y = a x + b$, e la regione illuminata mediante la disequazione $b_0 \leq b \leq b_1$; il sistema di

equazioni $y = a x + b$ e $b_0 \leq b \leq b_1$ rappresentano un segmento di illuminazione nello spazio dei parametri (a, b) ; intersecare detto segmento di illuminazione con detto diagramma di visibilità ottenendo dei sotto-segmenti e quindi dei sotto-intervalli dell'intervallo $b_0 \leq b \leq b_1$; detti sotto-intervalli rappresenteranno porzioni della regione illuminata che andranno ad illuminare ciascuno un nuovo riflettore.

In un suo terzo aspetto la presente invenzione si riferisce ad un programma per calcolatore comprendente un codice di programma che esegue tutte le fasi del metodo per la determinazione della regione di visibilità tra almeno un primo riflettore e/o del metodo per la determinazione di un albero delle riflessioni quando il programma è eseguito su un calcolatore.

In un suo quarto aspetto la presente invenzione si riferisce ad un programma per calcolatore registrato su un supporto utilizzabile da un calcolatore per controllare l'esecuzione di tutte le fasi del metodo per la determinazione della regione di visibilità tra almeno un primo riflettore e/o del metodo per la determinazione di un albero delle riflessioni.

La presente invenzione consente di effettuare le operazioni computazionalmente più onerose di valutazione della visibilità in una fase preliminare che consideri le sole posizioni reciproche dei riflettori, indipendentemente dalla posizione della sorgente. La visibilità è infatti ridefinita in uno spazio parametrico opportuno, dove le informazioni per la sua valutazione possono essere organizzate sotto forma di diagrammi. La costruzione dell'albero delle riflessioni viene poi effettuata ogni volta che la sorgente si sposta, utilizzando le informazioni di visibilità precalcolate.

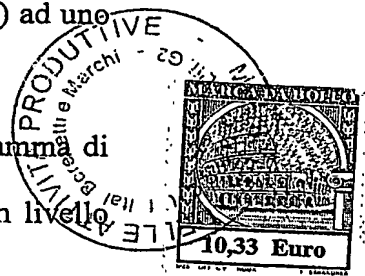
Le caratteristiche ed i vantaggi della presente invenzione risulteranno

evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di una sua forma di realizzazione pratica, illustrata a titolo di esempio non limitativo negli uniti disegni, nei quali:

le figure 1a, 1b e 1c mostrano un esempio di rototraslazione, di normalizzazione e trasformazione da uno spazio con coordinate (x, y) ad uno spazio dei parametri (a, b) ;

le figure 2a e 2b mostrano un esempio di costruzione del diagramma di visibilità figure 3a e 3b mostrano un esempio di costruzione di un livello dell'albero delle riflessioni.

Poiché il metodo qui proposto si riferisce al tracciamento di percorsi che seguono le leggi dell'ottica geometrica, non verranno considerati fenomeni come la diffrazione, che si manifesta quando le dimensioni dei riflettori diventano comparabili con la lunghezza d'onda dell'onda che si propaga nell'ambiente. Tale assunzione, pur essendo corretta nel caso di onde elettromagnetiche ad elevata frequenza (luce o microonde), risulta solo approssimativamente soddisfatta nel caso della propagazione di onde acustiche, ed infatti è stato calcolato che tali modelli risultano validi per simulazioni al di sopra di 150Hz (corrispondente alla lunghezza d'onda di circa 2 metri, lunghezza che comincia ad essere confrontabile con le dimensioni delle pareti di un ambiente abitativo o di lavoro). Inoltre, pur essendo vero che pareti sufficientemente ampie riflettono in modo pressoché speculare, spigoli vivi di riflettori rigidi tendono a generare una diffrazione non trascurabile. In particolare, oggetti piccoli (un vaso, una tazza, ecc.) tendono a avere effetti significativi sul campo acustico per suoni la cui frequenza si colloca al di sopra dei 4kHz. Tali oggetti, comunque, non



vengono generalmente considerati nella modellazione di ambienti acustici.

Per semplicità espositiva, verrà di seguito trascurato anche il fenomeno della trasmissione attraverso le pareti. In seguito verrà illustrato come sia possibile tenerne conto attraverso semplici modifiche del metodo qui illustrato.

Le entità che ora considereremo sono le sorgenti, i ricevitori e i riflettori.

Si è assunto che sorgenti e ricevitori sono elementi puntiformi, mentre i le pareti di riflessione sono descritte da segmenti nel caso bidimensionale e da porzioni di piano poligonali, ad esempio triangoli, nel caso tridimensionale. Ciascuna parete di riflessione definisce due riflettori, uno per ciascun lato. Questa distinzione, come si vedrà, è sostanziale in quanto ha conseguenze sulla scelta dei parametri che caratterizzano la visibilità.

Diremo che una sorgente “illumina” un punto se esiste un percorso diretto che li congiunge. Con il termine “sorgente virtuale” si intende la riflessione speculare di una sorgente reale rispetto a una parete riflettente. Viene inoltre definita “attiva” quella regione di un riflettore che è direttamente illuminata dalla sorgente considerata. La porzione attiva di un riflettore può essere composta da uno o più segmenti attivi (anche disgiunti a causa di eventuali occlusioni parziali). Ciascuno dei segmenti attivi genera un nuovo fascio riflesso.

Identificando i riflettori presenti nell’ambiente con un’indice i intero, la visibilità viene definita come una funzione che associa a un punto di vista e a una direzione di vista l’indice del riflettore visibile. Tale funzione è dunque definita nello spazio dei parametri che caratterizzano punto e direzione di vista, ed è costante a tratti. La visibilità da un riflettore è quindi definita come

la funzione visibilità da tutti i punti del riflettore stesso.

La valutazione della visibilità di un ambiente, ovvero di un insieme di riflettori, consiste nella costruzione delle funzioni di visibilità associate a tutti i riflettori dell'ambiente. Poiché si assume che le pareti riflettenti riflettano su entrambi i lati, la visibilità di un ambiente composto da M pareti sarà caratterizzata da $2M$ funzioni di visibilità.

Viene ora illustrata la procedura preliminare di valutazione della visibilità dell'ambiente attraverso la costruzione della visibilità dal generico riflettore. Per poter definire convenientemente lo spazio dei parametri su cui la funzione visibilità assume valori, è preferibile effettuare una trasformazione affine dello spazio geometrico che porti il riflettore ad assumere posizione, orientamento e, eventualmente, forma prescelte.

Come già illustrato in precedenza, la funzione visibilità assume valori sullo spazio dei parametri che caratterizzano un punto e una direzione di vista. Se il punto giace sul riflettore, lo spazio dei parametri sarà quadridimensionale nel caso di ambienti tridimensionali, oppure bidimensionale nel caso di ambienti bidimensionali. Supponiamo che lo spazio geometrico sia stato preliminarmente sottoposto a trasformazione affine che porti il riflettore a giacere sul piano $x = 0$, con faccia riflettente rivolta verso il semiasse $x \geq 0$. Una parametrizzazione conveniente per punto e direzione di vista è dunque data dal sistema di equazioni

$$y = a x + b$$

$$z = c x + d$$

dove la coppia di parametri (b, d) identifica il punto di vista sul piano (y, z) del riflettore, mentre la coppia di parametri (a, c) definisce la direzione

di vista. Nel caso di ambienti bidimensionali basterà considerare la prima delle due equazioni, e i parametri a e b identificheranno rispettivamente la direzione e il punto di vista.

Per ragioni di semplicità espositiva, ci limiteremo per il momento a considerare il solo caso di ambienti bidimensionali. In questo caso, la trasformazione affine dello spazio geometrico può essere definita semplicemente come una rototraslazione con scalamento che trasforma il riflettore nel segmento che congiunge i punti $(0, -1)$ e $(0, 1)$, con faccia di riflessione rivolta verso il semiasse $x \geq 0$. Ciò consente di limitare lo spazio dei parametri all'intervallo $-1 \leq b \leq 1$. La funzione visibilità sarà dunque una funzione costante a tratti nello spazio (a, b) , dove i valori individuano i riflettori visibili.

Consideriamo due riflettori r_0 e r_1 , aventi come estremi rispettivamente q_0, p_0 e q_1, p_1 , disposti casualmente in uno spazio con coordinate (x, y) , come mostrato in figura 1a.

Rototrasliamo i riflettori ponendo il riflettore r_0 in esame a coincidere con l'asse verticale y ($x=0$). Normalizziamo, sempre per praticità, i riflettori, cioè è stato scelto come rappresentazione del riflettore r_0 il segmento avente come estremi p'_0 e q'_0 di coordinate $(0, 1)$ e $(0, -1)$. Si ottiene così una rappresentazione dei riflettori come mostrati in figura 1b. Rappresentando i riflettori nello spazio dei parametri (a, b) si ottiene il diagramma di figura 1c.

Nello spazio dei parametri (a, b) , di figura 1c, lo spazio o compreso tra le quattro rette $p''_0, p''_1, q''_0, q''_1$ rappresenta la visibilità di r'_1 da r'_0 .

Definiamo la regione di visibilità di un generico riflettore rispetto al riflettore di riferimento come quella regione dello spazio dei parametri (a, b)

alla quale corrispondono punti e direzioni di vista da cui quel riflettore risulta visibile. Poichè possono verificarsi occlusioni da parte di altri riflettori, tale regione può risultare vuota, o composta da uno o più poligoni convessi. In ciascuna regione di visibilità la funzione di visibilità risulterà ovviamente essere costante. Viceversa, la regione di visibilità associata all'i-esimo riflettore, corrisponde alla regione in cui la funzione assume valore i. È inoltre utile definire la regione di potenziale visibilità di un riflettore rispetto al riflettore di riferimento, come quella regione di visibilità calcolata in assenza di tutti gli altri riflettori. La regione di visibilità effettiva sarà propriamente contenuta nella regione di visibilità potenziale, in quanto le regioni di visibilità potenziale di tutti i riflettori possono sovrapporsi.

La costruzione della funzione di visibilità associata a un riflettore di riferimento viene effettuata in due fasi successive: prima si valutano le regioni di visibilità potenziale dei singoli riflettori, poi si valutano le regioni di visibilità effettive attraverso la determinazioni delle mutue occlusioni.

Per determinare la regione di potenziale visibilità del riflettore generico rispetto al riflettore di riferimento, si procede determinando i parametri di tutte le rette che partono da un punto qualsiasi del riflettore di riferimento (in direzione positiva) e incidono sul lato riflettente del riflettore considerato in un punto qualsiasi. A tale scopo, si definisce dapprima il riflettore generico con la coppia di equazioni:

$$x = e t + f$$

$$y = g t + h$$

dove t è un parametro compreso fra 0 e 1. Sostituendo tali espressioni nell'equazione $y = ax + b$ si ottiene una regione nello spazio dei parametri



caratterizzata da:

$$g t + h = a (e t + f) + b, \quad 0 \leq t \leq 1$$

$$-1 \leq b \leq 1$$

Tale regione risulta essere dunque l'intersezione fra un fascio di semirette e la striscia di riferimento $-1 \leq b \leq 1$.

Quando le aree di visibilità potenziale di due riflettori si sovrappongono nello spazio dei parametri, significa che un riflettore occlude parzialmente l'altro rispetto al generico punto di vista sul riflettore di riferimento. La seconda fase della procedura di valutazione della funzione di visibilità consiste nell'assegnazione del corretto indice alle regioni in cui le regioni di visibilità potenziale si sovrappongono. Tale operazione può essere effettuata in diversi modi. Il metodo più semplice consiste nel determinare quale riflettore occlude tutti gli altri tramite il tracciamento di un raggio di vista campione scelto all'interno della regione di sovrapposizione. Alla fine di questa operazione otteniamo un partizionamento dello spazio dei parametri in aree di visibilità effettiva, a ciascuna delle quali è associato al più un riflettore visibile. Chiameremo diagramma di visibilità questa rappresentazione geometrica della funzione di visibilità.

Consideriamo ora quattro riflettori r_1 - r_4 , e vogliamo determinare il diagramma di visibilità del riflettore r_4 . Quindi, rototrasliamo e normalizziamo il riflettore r_4 e otteniamo una rappresentazione nello spazio con coordinate (x, y) come mostrata in figura 2a, e nello spazio dei parametri (a, b) come mostrata in figura 2b. Consideriamo inoltre una sorgente S rappresentata nello spazio dei parametri (a, b) con la retta S' . Si può notare che in figura 1a, il riflettore r_3 occlude parzialmente il riflettore r_1 . Una occlusione nello spazio

dei parametri (a, b) è rappresentata da una sovrapposizione di aree. Analizzando le pendenze delle rette che racchiudono le aree sovrapposte è possibile determinare nel modo corretto la visibilità relativa. In particolare, la pendenza è maggiore prende il sopravvento rispetto alla minore.

Tale operazione di costruzione delle funzioni (diagrammi) di visibilità viene effettuata su tutti i riflettori presenti nella scena (due per parete) in una fase preliminare di analisi.

A questo punto si può procedere con il tracciamento vero e proprio dei fasci per la costruzione del beam tree, operazione possibile nota la posizione della sorgente. Come già in parte anticipato, ciascun nodo dell'albero delle riflessioni è associato a un fascio, ed è caratterizzato dalle seguenti informazioni: posizione della sorgente reale o virtuale, indice e porzione illuminata del riflettore sul quale il fascio incide.

Il presente metodo permette in particolar modo la velocizzazione della costruzione delle diramazioni del beam tree superiori al primo livello. La costruzione delle diramazioni della radice dell'albero (fasci primari) può avvenire, come nel metodo classico, tracciando dalla sorgente un fascio a 360 gradi e verificando le occlusioni nello spazio geometrico.

La procedura di tracciamento dei fasci avviene in modo ricorsivo. Dopo aver suddiviso il fascio emesso dalla sorgente reale in fasci primari, ciascuno associato a un riflettore in visibilità, si procede con la loro riflessione e la determinazione ricorsiva delle successive diramazioni.

Dato un fascio riflesso dall'i-esimo riflettore, vengono sfruttate le informazioni del diagramma di visibilità ad esso associate per determinare la suddivisione del fascio in sottofasci, uno per ogni riflettore in visibilità.

In pratica, si procede come segue: anzitutto viene applicata alla sorgente virtuale la trasformazione utilizzata per portare il riflettore associato al beam in posizione canonica di riferimento, che la porta giacere sulla sinistra del riflettore. A questo punto si determina l'intervallo $b_0 \leq b \leq b_1$ che caratterizza la porzione di fascio che di fatto illumina il riflettore. Viene quindi identificata la rappresentazione del fascio sul dominio del diagramma di visibilità.

Sostituendo il punto identificato dalla sorgente virtuale nell'equazione $y = ax + b$ si ottiene l'equazione di una retta nello spazio dei parametri (a, b) , che unitamente alla condizione $b_0 \leq b \leq b_1$ rappresenta un segmento. Intersecando tale segmento con le aree che compongono il diagramma di visibilità del riflettore si ottengono una serie di sotto-segmenti del segmento originale, ciascuno dei quali rappresenta nello spazio geometrico un nuovo fascio che inciderà su un singolo riflettore. Sfruttando queste informazioni verrà creato un nuovo livello dell'albero.

La figura 3 si riferisce alla costruzione di un livello dell'albero, basandosi sulle riflessioni del riflettore r_4 di figura 2. Posizionando la retta S' nello spazio dei parametri (a, b) , questa interseca l'area di riferimento $(-1 \leq b \leq 1)$ in 5 sotto-raggi numerati da 1 a 5. I raggi 1 e 3 sono raggi che non sono riflessi e proseguono senza limitazioni, mentre i raggi 2, 3 e 5 sono riflessi dai riflettori rispettivamente r_2 , r_1 e r_3 . Ad ogni nodo si associano le informazioni relative alla posizione della sorgente che genera la riflessione a quel nodo, i parametri geometrici che caratterizzano l'estensione del fascio, e le informazioni necessarie per individuare l'eventuale riflettore su cui il fascio inciderà nel proseguimento del suo percorso. In questo modo si crea l'albero, ed il

processo si ripete per ciascuna riflessione dei raggi, fino a che il numero di riflessioni raggiunge un numero prefissato o l'energia associata al raggio diventa trascurabile.

Le informazioni presenti nell'albero delle riflessioni permettono la generazione di un filtro (FIR) in accordo a quali percorsi raggiungono la locazione dell'ascoltatore. Questo aggiornamento è veloce e può essere eseguito frequentemente.

Tramite questo processo è possibile ottenere per ogni percorso la sua direzione di arrivo (DOA), la lunghezza del percorso e la lista dei riflettori con cui ha interagito lungo il percorso. Questa fase richiede che tutti i rami e le foglie dell'albero siano visitati e deve essere controllato se il ricevitore è presente nel fascio in considerazione. Se il ricevitore è presente, sono calcolate la direzione di arrivo del raggio (DOA) e la lunghezza del percorso. Quindi, percorrendo tutto l'albero fino alla radice si ottiene la lista dei riflettori incontrati.

Dal momento che impossibile produrre un flusso per ogni DOA, intervalli angolari sono stati raggruppati assieme al fine di generare un numero limitato di flusso audio, uno per intervallo. Ciascuno di questi intervalli angolari saranno attribuiti a separate linee di ritardo del filtro FIR, che sono calcolate tenendo conto di tutte i percorsi e le relative attenuazioni.

Il filtro così calcolato è in grado, data una sorgente anecoica (ovvero una sorgente registrata in una stanza priva di riverbero), di ottenere il risultato di ascoltare quel suono in una stanza rappresentata dalla geometria dei riflettori.

Il metodo ammette un'immediata estensione al caso tridimensionale. Anche nel caso 3D è possibile effettuare una trasformazione affine dello



spazio geometrico che consenta di prefissare l'intervallo di scansione, e di semplificare la rappresentazione della funzione di visibilità. Come vedremo in seguito, senza perdita di generalità, considereremo una trasformazione geometrica che porti il piano su cui giace il riflettore a coincidere col piano $x=0$ e porti il poligono ad assumere una forma canonica prefissata.

Come già accennato in precedenza, lo spazio dei parametri delle rette in ambienti tridimensionali è quadridimensionale. A valle della trasformazione geometrica del riflettore poligonale di riferimento, possiamo esprimere la generica retta dello spazio 3D con il sistema di equazioni $y = a x + b$ e $z = c x + d$, nel quale (a, b, c, d) identificano lo spazio dei parametri. In questo spazio la rappresentazione della visibilità potenziale è ancora data dall'insieme delle rette che incidono su entrambi i riflettori considerati, che questa volta risulta essere una porzione chiusa dello spazio a quattro dimensioni. Per praticità è possibile inoltre limitare a priori la categoria di poligoni di interesse. Una scelta particolarmente vantaggiosa è quella dei triangoli: questa trasformazione non toglie generalità al metodo, in quanto è sempre possibile rappresentare un poligono piano complesso per mezzo della sua triangolazione, inoltre risulta abbastanza frequente, anche in Computer Grafica, che le superfici nello spazio tridimensionale vengano modellate con reti di triangoli. Nel caso di due riflettori triangolari, la regione di potenziale visibilità può essere espressa in forma di sistema di 6 disequazioni, necessarie per l'insieme delle rette incidenti su entrambi i triangoli. Ad esempio, esprimendo il generico riflettore mediante il sistema di equazioni:

$$x = a_x t + b_x s + c_x$$

$$y = a_y t + b_y s + c_y$$

$$z = a_z t + b_z s + c_z$$

$$t \geq 0$$

$$s \geq 0$$

$$t + s \leq 1$$

Il sistema che rappresenta la generica retta passante per il riflettore di riferimento, preventivamente normalizzato da una trasformazione affine che faccia coincidere i suoi tre vertici con i tre punti (0, 0, 0), (0, 1, 0) e (0, 0, 1), è rappresentato dal sistema:

$$y = a x + b$$

$$z = c x + d$$

$$b \geq 0$$

$$d \geq 0$$

$$b + d \leq 1$$

Sostituendo le prime tre equazioni del primo sistema, nelle equazioni del secondo sistema otteniamo due equazioni, dalle quali possiamo ricavare i parametri s e t in funzione delle variabili a , b , c , d . Sostituendo i valori dei parametri s e t nelle disequazioni del primo sistema, e aggiungendovi le disequazioni del secondo sistema otteniamo un sistema di 6 disequazioni nei parametri a , b , c , d , che delimitano l'area di potenziale visibilità tra i due riflettori.

In modo analogo al caso bidimensionale è possibile decidere l'ordine di occlusione tra regioni di potenziale visibilità sovrapposte, e quindi è possibile costruire per ogni riflettore un diagramma di visibilità rappresentato da una suddivisione dello spazio dei parametri in regioni di visibilità effettiva, a ciascuna delle quali è associato al più un riflettore.

La rappresentazione della sorgente e dell'area illuminata è data descrivendo tutte le rette che la intersecano con un fascio limitato, ottenendo un sistema di due equazioni e alcune disequazioni nelle quattro incognite, che identifica una porzione di un sottospazio bidimensionale. La suddivisione del beam avverrà in questo caso intersecando le aree del diagramma di visibilità associato al riflettore che ha generato il beam con la porzione di piano che rappresenta il fascio riflesso nello spazio (a, b, c, d) . Il metodo per la costruzione dell'albero rimane quindi del tutto simile al caso bidimensionale.

Si noti che la scelta della trasformazione sul piano $x = 0$, sia nel caso bidimensionale che nel caso tridimensionale, non è vincolante, ma è stata introdotta al solo scopo di semplificarne l'esposizione, ponendo le equazioni delle rette in forma più comoda.

Il metodo per la determinazione della visibilità tra riflettori ed il metodo per la determinazione di un albero delle riflessioni, qui descritti, sono trascrivibili in un codice di programma, in modo ben noto da un tecnico del ramo, che può essere memorizzato su qualsiasi tipo di memoria o supporto (floppy, CD) e/o reso eseguibile da un calcolatore.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la determinazione della regione di visibilità tra almeno un primo riflettore ed un secondo riflettore comprendente le seguenti fasi:

rappresentare detto primo e secondo riflettore in un sistema di coordinate (x, y, z) ;

detto metodo è caratterizzato dal fatto di comprendere ulteriormente le fasi di:

effettuare una trasformazione affine di detto sistema di coordinate (x, y, z) ;

determinare la regione di visibilità di detto secondo riflettore rispetto a detto primo riflettore come l'insieme dei parametri delle rette che congiungono un generico punto di detto primo riflettore con un generico punto di detto secondo riflettore.

2. Metodo in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detta trasformazione affine comprende l'effettuazione di una rototraslazione di detto sistema di coordinate (x, y, z) in modo che detto primo riflettore sia posto sul piano $x = 0$.

3. Metodo in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detta trasformazione affine comprende l'effettuazione di uno scalamento di detto sistema di coordinate (x, y, z) in modo che detto primo riflettore assuma dimensione prefissata.

4. Metodo in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto di comprendere un terzo riflettore; e le seguenti fasi:

determinare la regione di visibilità di detto secondo e terzo riflettore visto da detto primo riflettore;



nel caso vi siano regioni di visibilità sovrapposte tracciare una semiretta in detto sistema di coordinate che abbia i parametri compresi nella regione di sovrapposizione partendo da detto primo riflettore;

determinare quale è la successione delle intersezioni tra detto secondo e terzo riflettore;

assegnare la porzione di regione sovrapposta della regione di visibilità al riflettore avente ordinamento di successione prioritario;

dette regioni di visibilità rappresentano un diagramma di visibilità..

5. Metodo in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto

rappresentare detto primo riflettore e secondo riflettore in un sistema di coordinate (x, y) mediante segmenti;

effettuare una trasformazione affine di detto sistema di coordinate (x, y) in grado di portare detto primo riflettore ad assumere coordinate degli estremi nei punti $(0, m)$ e $(0, n)$ con $m < n$;

rappresentare detto secondo riflettore mediante il seguente sistema di equazioni

$$x = e t + f$$

$$y = g t + h$$

$$\text{con } 0 \leq t \leq 1$$

rappresentare una generica retta mediante i parametri a, b dell'equazione $y = a x + b$;

determinare la regione di visibilità determinando tutte le rette che passano per un punto generico del primo e del secondo riflettore combinando le equazioni precedenti ed ottenendo il seguente sistema

$$g t + h = a (e t + f) + b$$

con $0 \leq t \leq 1$ e con $m \leq b \leq n$.

6. Metodo per la determinazione di un albero delle riflessioni di fasci di raggi su una pluralità di riflettori comprendente le fasi di determinare preventivamente l'insieme delle regione di visibilità da ogni riflettore in accordo alla rivendicazione 1.

7. Metodo per la determinazione di un albero delle riflessioni di fasci di raggi su una pluralità di riflettori comprendente le fasi di determinare preventivamente il diagramma di visibilità in accordo alle rivendicazioni precedenti;

posizionare una sorgente in un sistema di coordinate (x, y) ;

determinare in detto sistema di coordinate (x, y) le aree dei riflettori illuminati da detta sorgente;

memorizzare le coordinate di dette aree dei riflettori illuminati da detta sorgente;

rappresentare una sorgente virtuale per ogni riflettore illuminato;

applicare detta trasformazione affine di detto sistema di coordinate (x, y) a detta sorgente virtuale e a detta regione illuminata;

detta regione illuminata trasformata è rappresentata mediante un segmento di estremi $(0, b_0)$ e $(0, b_1)$;

rappresentare detta sorgente virtuale trasformata nello spazio dei parametri (a, b) mediante l'equazione $y = a x + b$, e la regione illuminata mediante la disequazione $b_0 \leq b \leq b_1$;

il sistema di equazioni $y = a x + b$ e $b_0 \leq b \leq b_1$ rappresentano un segmento di illuminazione nello spazio dei parametri (a, b) ;

intersecare detto segmento di illuminazione con detto diagramma di

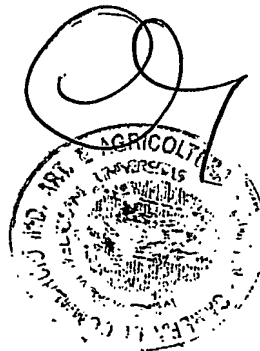
visibilità ottenendo dei sotto-segmenti e quindi dei sotto-intervalli dell'intervallo $b_0 \leq b \leq b_1$;

detti sotto-intervalli rappresenteranno porzioni della regione illuminata che andranno ad illuminare ciascuno un nuovo riflettore.

8. Programma per calcolatore comprendente un codice di programma che esegue tutte le fasi di qualsiasi rivendicazione precedente quando detto programma è eseguito su detto calcolatore.

9. Programma per calcolatore registrato su un supporto utilizzabile da detto calcolatore per controllare l'esecuzione di tutte le fasi di qualsiasi rivendicazione precedente.

 Dr. Ing. Enrico Mittler



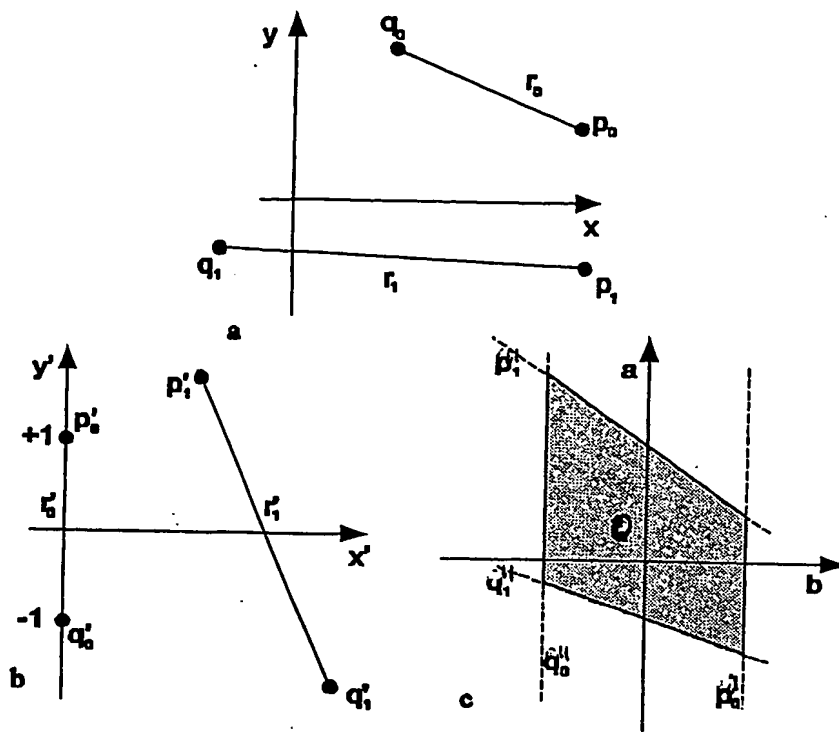


Fig. 1

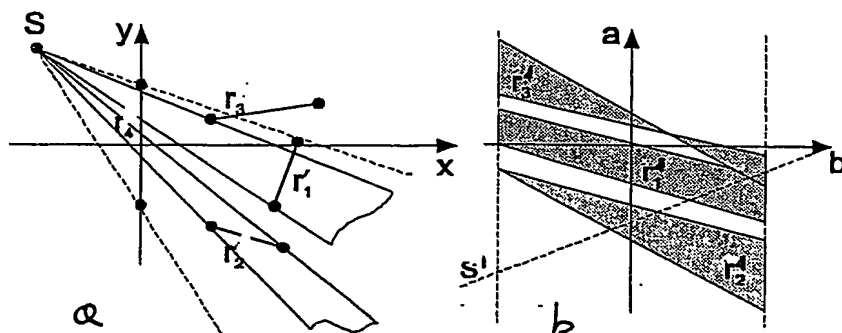


Fig. 2

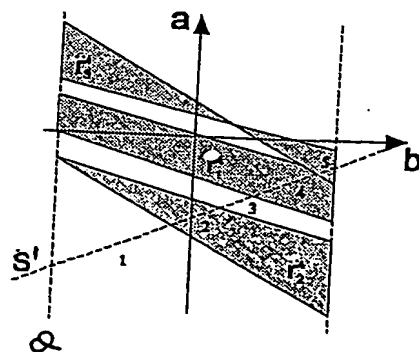
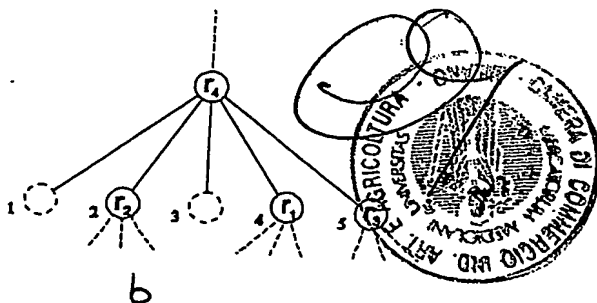


Fig. 3



MI 200 3 001 7 19



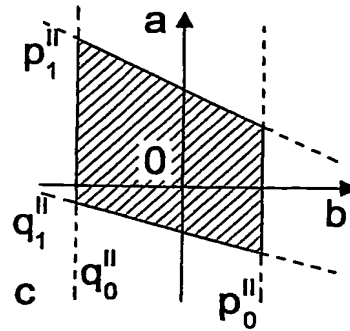
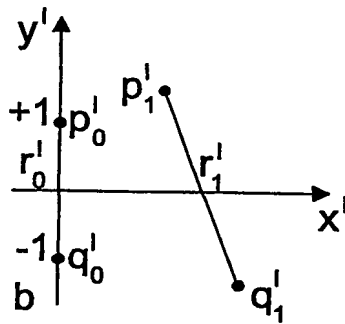
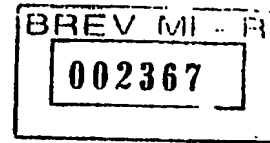
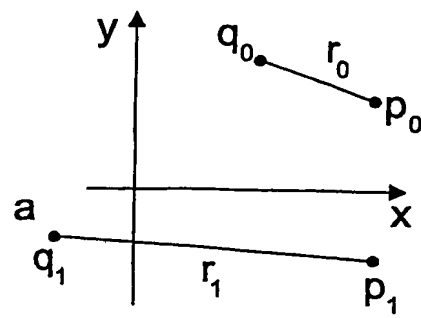


Fig.1

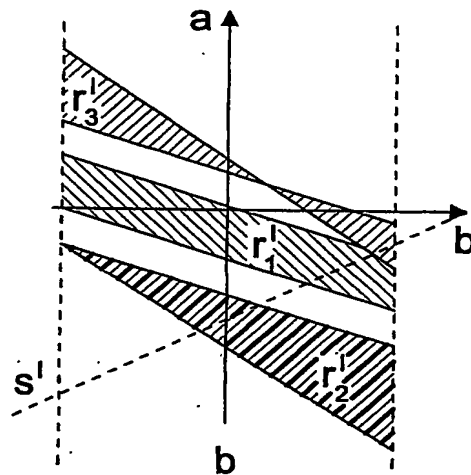
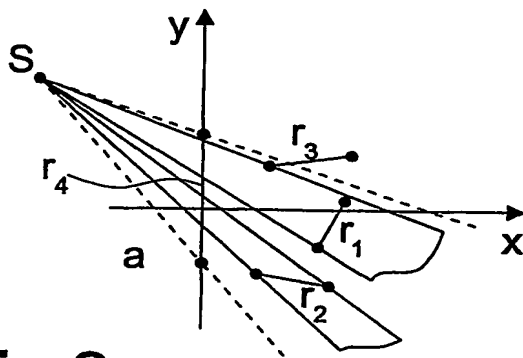


Fig.2

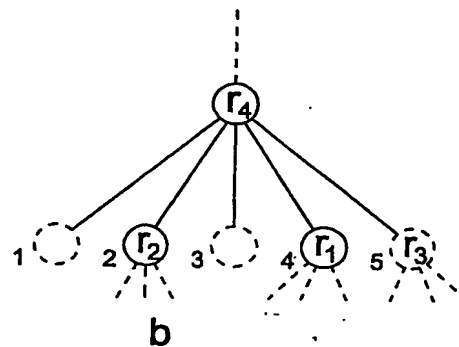
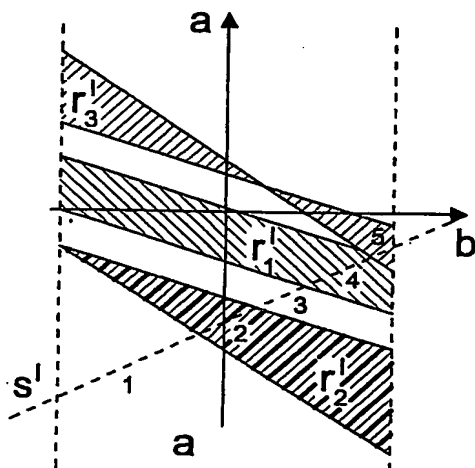


Fig.3



Dr. Ing. Enrico MITTLER

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.